Environment Canada
Forestry Service

Environnement Canada
Service des Forêts

Détection des feux à retardement à l'aide de l'instrument de balayage à l'infra-rouge AGA 750

par J. Niederleitner

Document d'Information NOR-X-151F
Septembre 1976

northern forest research centre
edmonton, alberta

DETECTION DES FEUX A RETARDEMENT A L'AIDE DE L'INSTRUMENT DE BALAYAGE A L'INFRA-ROUGE AGA 750

par J. Niederleitner

DOCUMENT D'INFORMATION NOR-X-[illegible]F

Septembre 1976

Northern Forest Research Centre
Canadian Forestry Service
Environment Canada
5320 - 122 Street
Edmonton, Alberta, Canada
T6H 3S5

RESUME

Les feux à retardement de faible intensité causent plusieurs incendies de fôrets néfastes parce qu'ils ne peuvent pas être détectés à temps au moyen des instruments et techniques actuellement utilisés. L'auteur décrit ici comment un instrument portatif de balayage AGA Thermovision 750 par rayons infra-rouges, utilisé par hélicoptère durant la saison des incendies a pu détecter 15 feux à retardement par rapport à un seul détecté par les méthodes classiques, incluant la vérification "manuelle". Cet instrument portatif fut placé dans les hélicoptères en patrouille régulière et volant à 100 m (300 pi) au-dessus de régions vulnérables aux feux à retardement et il fut opéré par le personnel de ligne de feu tandis qu'il combattait les incendies. Pendant le vol, les enregistrements par lumière polarisée ou par télévision des images actuelles "vivantes" et en deux dimensions fournies par cet instrument peuvent permettre de déceler les feux à travers la fumée épaisse en vue de cartographier les feux et d'étudier le comportement de l'incendie. Cet instrument côute 35,000 dollars, environ.

ABSTRACT

Low intensity holdover fires are the cause of many damaging forest fires because they cannot be detected in time with currently available equipment and techniques. This report describes how an airborne AGA Thermovision 750 portable infrared scanning system over the course of one fire season detected 15 holdover fires for every 1 found by combined conventional methods, including cold trailing. Carried in regular patrol helicopters flying 100 m (300 ft) over areas susceptible to holdover fires, this off-the-shelf instrument was operated by fire line personnel as a component of the fire suppression operation. In-flight Polaroid or television recordings of the live, real-time, two-dimensional scanner display image can provide fire intelligence through heavy smoke for fire mapping and fire behaviour studies. The system costs approximately $35,000.

TABLE DES MATIERES

Page

DEFINITION DU PROBLEME 3

DESCRIPTION DE L'AGA THERMOVISION 750 5

Eléments du système 5

Facteurs de rendement 8

ESSAIS OPERATIONNELS DE 1975 13

Forêt de Whitecourt 14

Terre-Neuve 19

RESULTATS 23

DISCUSSION 29

RECOMMANDATIONS 31

REFERENCES 34

ANNEXE: REVUE DES EQUIPEMENTS ET TECHNIQUES ACTUELS 36

FIGURES

Figure 1. Eléments d'un système AGA Thermovision 750 opérationnel. 7

Figure 2. Commandes sur l'élément de visualisation. 7

Figure 3. Thermogramme d'un endroit chaud naturel omis par l'équipe de nettoyage et découvert en vol. 7

Figure 4. Batterie rechargeable. 10

Figure 5. Récipients de stockage de l'azote liquide. 10

Figure 6. Caméra de thermovision fonctionnant à travers le hublot ouvert d'un avion. 11

Figure 7. Enregistrement photographique. 11

Figure 8. Champ de vision couvert par l'instrument à rayons infra-rouges AGA Thermovision 750..... 12

Figure 9. Essai de la Thermovision 750 sur un andain contenant des points chauds..... 18

Figure 10. Un "foyer dormant" omis par le personnel de nettoyage après une semaine d'observation..... 21

Figure 11. Enregistrements vidéo..... 25

Figure 12. Cartographie des feux..... 27

DEFINITION DU PROBLEME

Les services de contrôle des incendies ont identifié les feux à retardement ou "dormants" comme une cause principale de feux de forêts néfastes et coûteux. La plupart des feux à retardement, qu'ils soient des points chauds, résiduels de brûlage, prescrits ou des projections de brûlage des ordures, des points chauds cachés près ou à l'extérieur du périmètre d'un feu sauvage maîtrisé, ou des coups de foudre observés devenus dormants, se produisent dans des zones qui peuvent être délimitées à l'avance. Cependant, il arrive trop souvent que les techniques de détection disponibles ne parviennent pas à trouver les feux dormants à leur stade latent, du fait qu'il n'y a pas assez de fumée ou de flammes pour la détection visuelle, qu'il y a trop de morceaux de débris carbonisés pour la vérification manuelle ou que la chaleur superficielle existante est trop faible pour exciter les détecteurs à rayons infra-rouges actuellement utilisés. (Voir annexe). Il s'ensuit que les feux à retardement subsistants deviennent actifs à l'improviste dans des conditions de combustion dangereuses et, dans de nombreux cas, éclatent avant que les forces d'extinction puissent atteindre le lieu. On a besoin d'un moyen efficace pour identifier ces feux de faible intensité.

Les instruments de balayage linéaire classique n'ont pas la souplesse nécessaire à la détection des feux à retardement. La conception et l'essai de ces systèmes de balayage classique étaient basés sur des modèles de cible d'un à cinq brasiers d'une surface de 0.092 cm^2 (1-pi^2) de charbon de bois exempt de cendre brûlant sans flammes à 600° C (1112°F), simulant les caractéristiques d'une forêt type pendant la phase d'attaque initiale (Wilson et coll.

1971). Même le plus sophistiqué des instruments linéaires classiques ne peut déceler en toute certitude des feux de faible intensité et aussi trop insaisissables pour être facilement localisés par les équipes au sol ou des observations aériennes. Il couve longuement à l'intérieur ou sous des matières isolantes, apparaissant rarement à la surface et, à moins qu'il ne fume, n'offrant qu'une chaleur de faible surface en guise d'indice de son existence. Pour déceler les feux à retardement, un instrument doit posséder une sensibilité relativement élevée, pouvoir fonctionner à partir d'un grand nombre de plages et permettre une observation prolongée à partir d'une plate-forme mobile ou fixe. Un tel instrument serait utilisé pour contrôler les zones à problèmes types en complétant les systèmes de détection visuels et les détecteurs à rayons infra-rouges de vol en altitude.

C'est également un feu à retardement, un feu qui couve pendant un temps considérable après avoir semblé éteint. Les instruments à rayons infra-rouges bi-dimensionnels (fournissant une image bi-dimensionnelle comparable à celle d'un poste de télévision indépendamment du mouvement de l'aéronef) actuellement disponibles dans le commerce, avec leur fiabilité opérationnelle prouvée, leur facilité de manoeuvre et leur image remarquablement souple et sensible peuvent déceler les feux de faible intensité dans la plupart des circonstances. Au Canada il existe deux systèmes: l'AGA Thermovision 680, vétéran datant de 1965 et son pendant récent (1973) léger, transistorisé, le système AGA Thermovision 750*.

---

* Dans le présent document, l'emploi de marques déposées ne constitue ni n'implique l'homologation d'un produit donné. C'est seulement un moyen d'identifier un produit ayant certaines possibilités et qualités. Tout autre produit présentant des caractéristiques semblables peut lui être substitué.

Des essais préliminaires effectués dans l'Alberta au cours des dernières années ont prouvé la grande efficacité des deux instruments dans la détection des zones légèrement chaudes; toutefois, seul le système 750 est portatif et assez léger pour l'application en question. Le présent document décrit l'expérience obtenue au cours d'une saison d'utilisation du système Thermovision 750 pour déceler les cibles naturelles dans des conditions de feux sauvages. L'entreprise a été un projet commun entre le Northern Forest Research Centre et l'Alberta Forest Service.

DESCRIPTION DU SYSTEME AGA THERMOVISION 750

Le système Thermovision 750 est un instrument à rayons infra-rouges alimenté par une batterie portative, de haute qualité, bi-dimensionnel étudié pour être transporté et desservi par une seule personne. Le système comprend quatre éléments principaux (fig. 1).

ELEMENTS

Caméra

La caméra tenue à la main contient un détecteur d'antimoniure d'indium refroidi à l'azote, un prisme rotatif, un support de filtre, des objectifs interchangeables (champ de vision F.O.V.) de 7^{o} et 20^{o}), et une commande d'ouverture. Sauf en ce qui concerne les câbles de branchement, l'élément complet ressemble à une caméra de cinéma super-huit (fig. 6). La caméra sans les objectifs pèse 1.5 kg (3.71 lb). L'objectif à champ de vision 20^{o} x 20^{o} pèse 0.18 kg (0.40 lb).

Eléments de visualisation

L'élément de visualisation est porté sur la poitrine de l'opérateur,

et tenu par un harnais spécial. Les dimensions de l'élément sont d'environ 130 x 250 x 320 mm (5.1 x 9.9 x 12.6 pouces) son poids est de 4.5 kg (10l lb).

Toutes les commandes qui doivent être actionnées en vol sont incorporées dans l'élément de visualisation à la portée de l'opérateur (fig. 2). Ce sont:

1. Le réglage de plage et de niveau de la température de détection.
2. L'affichage isotherme.
3. La commande du mode d'image (normal: noir = froid, blanc = chaud; inversé: blanc = froid, noir = chaud)
4. Réglage de l'échelle des gris.
5. Réglage de l'enregistrement photographique.

Encastré et protégé à la partie supérieure de l'élément de visualisation, se trouve l'écran, un tube-image de 50 x 45 mm (1.9 x 1.8 po) qui produit un thermogramme continu, direct, instantané de la zone balayée, à la façon d'un système de télévision (fig. 3).

Bloc d'alimentation

Le système Thermovision 750 peut être alimenté par une batterie de voiture de 12V ou une source de courant alternatif domestique de 110V. Une batterie portative rechargeable, fournie par l'usine dans une mallette de cuir, pesant 3.6 kg (8 lb) est disponible moyennant un supplément. Elle peut alimenter le système pendant environ 2 heures.

Pour l'utilisation forestière, un bloc d'alimentation à grande capacité, spécialement étudié a été jugé plus approprié (Niederleitner et Bihuniak 1976). Il se compose d'une batterie de 20 Ah à l'éléments à gel à chargeurs incorporés de 12/24-V c.c. et 110-V 60 Hz, pesant environ 15 kg (32 lb).

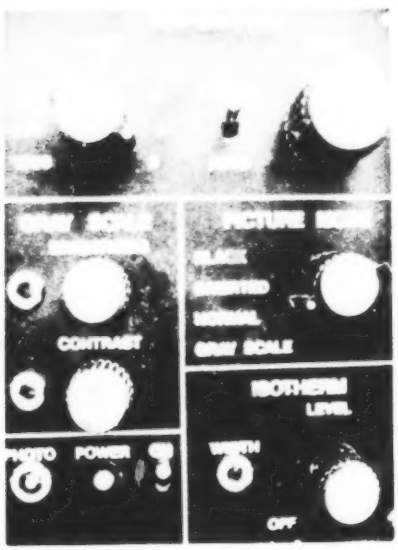
Figure 1. Eléments d'un système Thermovision 750 opérationnel: caméra, élément de visualisation et bloc d'alimentation fourni par l'usine. L'élément d'enregistrement photo n'est pas représenté. Le papier hygiénique dans la main de l'opérateur était utilise pour rêpérer les points chauds détectés.

DISPLAY UNIT = ELEMENT DE VISUALISATION

POWER SUPPLY = ALIMENTATION ELECTRIQUE

Figure 2. Commandes sur l'élément de visualisation, à la portée de l'opérateur. Il n'y a pas d'autres commandes à manipuler pendant le vol.

HELICOPTER EXHAUST = ECHAPPEMENT DE L'HELICOPTERE



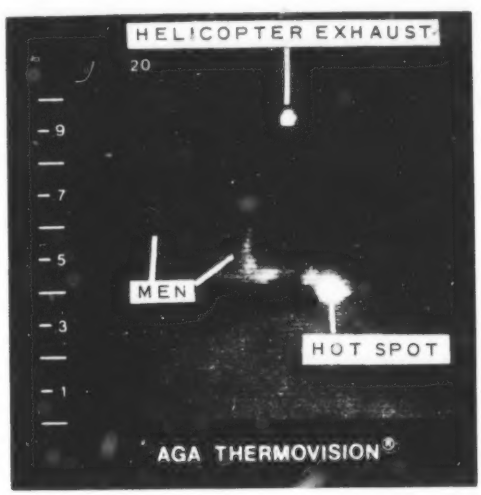


Figure 3. Thermogramme d'un point chaud naturel omis par l'équipe de nettoyage et découvert par l'hélicoptère. Le réglage de la plage de détection de la température est de 20°C. Le point chaud blanc près du centre de la figure est beaucoup plus chaud que le fond (y compris les deux hommes) du thermogramme. Le point chaud près du sommet est le pot d'échappement chaud de l'hélicoptère.

MEN = HOMMES

HOT SPOT = POINT CHAUD

Elément d'Enregistrement Photographique

Un cadre contenant un miroir escamotable se raccorde sur le tube-écran. En sortant le miroir on réfléchit l'image de l'oculaire vers un appareil photo Polaroid équipé d'un film noir et blanc type 87. Le cadre d'enregistrement photo permet de visionner le thermogramme en lumière brillante. (Un adaptateur permettant de brancher un système d'enregistrement vidéo sur l'élément de visualisation est disponible).

FACTEURS DE RENDEMENT

Fréquence de Balayage et Détecteur

Le système Thermovision 750 balaye la bande infra-rouge comprise entre 2.0 et 5.6 microns. La réponse de fréquence dans cette plage peut être sélectionnée à l'aide de filtres. La radiation thermique pénétrant dans la caméra à travers la lentille en germanium ou en silicium est réfléchie par un prisme de balayage rotatif vers le détecteur d'antimomiure d'indium placé sur le côté d'un petit humecteur de refroidissement au dos de la caméra, en engendrant de petites impulsions de courant qui sont amplifiées et re-disposées pour apparaître sur l'écran comme l'analogue thermique pictoriel de la zone balayée.

Refroidissement du Détecteur

Pour fonctionner, le détecteur doit être refroidi à sa température cryogénique de -196^{o} C (-320 ^{o} F). Ce résultat est obtenu en maintenant l'humecteur plein d'azote liquide (LN_2) (fig. 5). La perte de tout le LN_2 de l'humecteur de la caméra par écoulement ou évaporation naturelle fait perdre provisoirement au détecteur sa température de résolution; elle n'endommage ni la caméra, ni un élément quelconque.

Sous la forme actuelle la caméra ne peut être dirigée vers le bas à environ -70° par rapport à l'horizontale sans perdre une quantité appréciable de réfrigérant. Des modifications du couvercle de l'humecteur doivent permettre d'utiliser la caméra en position verticale. Normalement, un plein d'azote suffit pour 2 heures.

Résolution

D'après le fabricant (AGA Infrared Systems 1973) l'instrument de balayage peut détecter dans chaque élément de résolution angulaire une différence minimale de température de 0.2° C (0.36° F). Cette capacité est appelée résolution de température. La résolution angulaire est exprimée en milliradians. Ainsi la plus petite surface qu'un système 1-mil peut résoudre d'une hauteur de 300 m (1000 pi) est de 0.092 m^2 (1 pi^2). Pour le système Thermovision 750 la résolution angulaire donnée est de 1.1 mil pour la lentille à champ de vision de 7° et de 3.3 mil pour la lentille à champ de vision de 20°. La plage de température est de -20° C à 2000° C (3632° F). Du fait de sa résolution de température et de sa résolution angulaire élevée un système Thermovision à bord d'un aéronef volant à basse altitude peut détecter des feux au sol grâce à la légère élévation de température du matériel de couverture provoquée par les gaz chauds, s'échappant de la zone qui brûle réellement.

Etant donné que les radiations se propagent en ligne droite, l'instrument de balayage doit se trouver dans la ligne de vision directe de l'objet émettant les radiations. Il doit être utilisé à travers un hublot, une porte ou une trappe de l'aéronef ouverte (fig. 6) et dirigé vers la zone cible de manière que l'interférence des arbres debout et des débris interposés soit réduite au minimum.

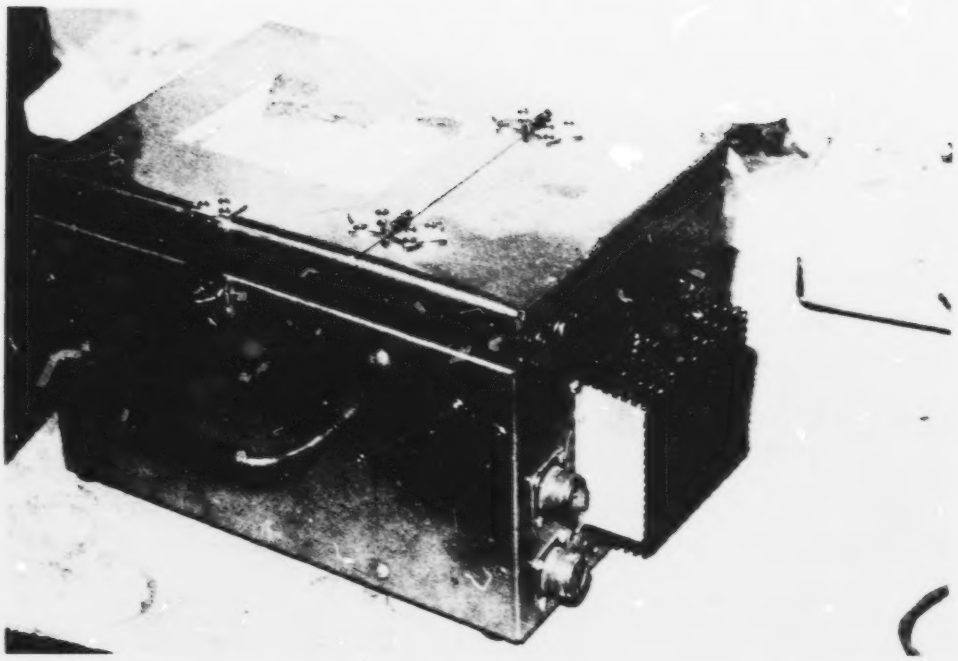


Figure 4. Le bloc d'alimentation rechargeable développé au Northern Research Forest Centre peut alimenter le Thermovision 750 pendant une journée de travail.

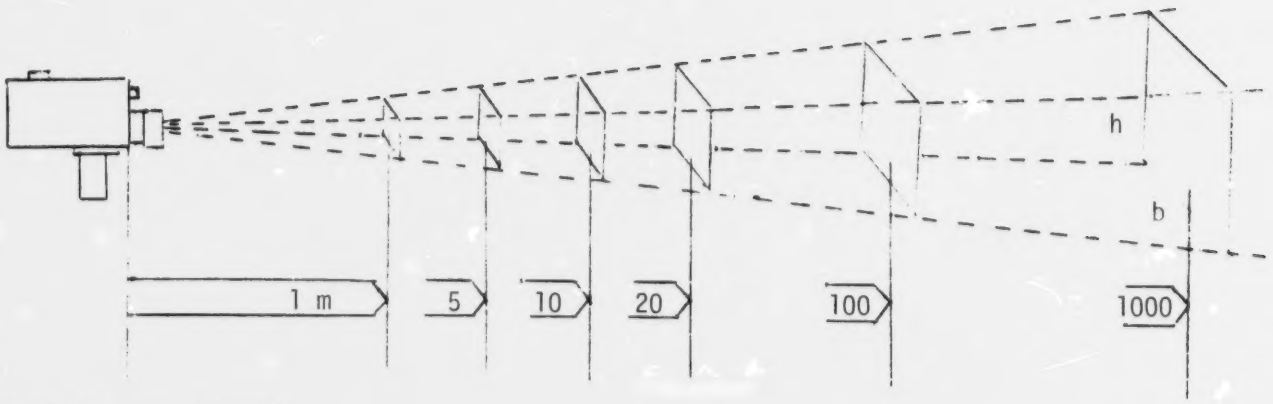
Figure 5. Récipients de staockage d'azote liquide. Bouteille de 25 litres (5.5 gal.) pour stockage à la base et bouteille thermos pour utilisation à bord de l'hélicoptère.

Aire Couverte et Enregistrement des Images

En volant à 100 m (300 pi) d'une cible et en utilisant l'objectif de 20°, l'aire couverte au sol (fig. 8) est d'environ 30 x 50 m (90 x 150 pi), selon la mesure dans laquelle la caméra est dirigée vers le bas. Des enregistrements du thermogramme direct sur le tube écran peuvent etre obtenus sous forme de photos Polaroids ou d'enregistrement continue sur bande télévision. Les deux types d'enregistrement peuvent etre effectués en vol par une seule personne munie d'un équipement spécial (fig. 7).

Figure 6. Caméra de thermovision fonctionnant à travers un hublot ouvert.

Figure 7. Enregistrement photographique. Une seule peronnne peut desservir à la fois l'instrument de balayage et l'enregistrement.
PHOTO RECORDING UNIT = L'ENREGISTREMENT



Champ de vision (en mètres):

Lentille de 7°	b	0.11	0.60	1.1	2.2	12	120
	h	0.10	0.50	1.0	2.2	11	110
Lentille de 20°	b	0.35	1.7	3.5	7.0	36	360
	h	0.31	1.5	3.1	6.2	32	320

Figure 8. Champ de vision couvert par l'instrument de balayage à infra-rouge Thermovision 750.

ESSAIS OPÉRATIONNELS DE 1975

Nous savons d'après les caractéristiques fournies par le fabricant et d'après notre premier travail avec le Thermovision 750, que l'appareil, placé à bord d'un hélicoptère volant à basse altitude, pouvait détecter des cibles faiblement chauds. Dans des conditions idéales, il avait détecté des animaux forestiers et les visages des pompiers. Toutefois, un certain nombre de questions restaient sans réponse. L'instrument, utilisé en tant que partie intégrante de l'organisation d'extinction, pouvait-il trouver des feux à retardement qui échappaient actuellement à la détection? Le système AGA Thermovision 750 pouvait-il être efficacement intégré dans une opération d'extinction en cours sans provoquer de perturbation excessive? Quels étaient les problèmes d'utilisation de l'instrument sur une base opérationnelle? Comment et quand l'instrument devait-il être utilisé?

Nous avons loué un instrument d'Agatronics Ltd. de Toronto pendant une durée de 4 mois coïncidant avec la saison des feux de mai à septembre. L'étude a été menée conjointement avec l'Alberta Forest Service qui a payé la moitié de la location de l'instrument et assuré le transport aérien et toute assistance nécessaire dans la zone cible. Tout le travail a été effectué sur des points chauds naturels et dans le cadre de l'activité normale d'extinction. Etant donné qu'en Alberta les hélicoptères sont les principaux aéronefs de lutte contre le feu, tout le travail a été effectué par hélicoptère. Les vols de balayage ont été effectués avec n'importe quel hélicoptère disponible et l'instrument était déposé immédiatement après l'atterrissage de manière à libérer l'hélicoptère pour une autre mission.

Toutes les inspections ont été effectuées en présence du chef des pompiers, du chef de patrouille ou du garde-forestier qui observait l'écran sur l'élément de visualisation au cours du vol même où il procédait à son contrôle visuel. Ainsi le contrôle couvrait la zone d'intérêt pour le commandement des pompiers et le personnel de ligne de feu et éliminait les problèmes potentiels de communication de l'information en vue d'une action suivie.

En 1975 la saison des feux a été relativement calme et les occasions d'intervenir pour essayer l'instrument ont été limitées. Nos premières missions avaient pour but de connaître la sensibilité de l'instrument et de développer des techniques convenables d'opération et de recherche. Bien qu'un seul homme puisse desservir l'instrument, nous avons utilisé deux ou trois personnes sur la plupart des vols, principalement pour faire connaître l'instrument et son fonctionnement au plus grand nombre possible de personnes. Quarante-trois missions ont été effectuées dans des conditions très différentes. Les hélicoptères, les pilotes et les observateurs furent fréquemment changés (tableau 1). Le travail dans la forêt de Whitecourt, Alberta, et à Terre-Neuve mérite d'être examiné.

FORET DE WHITECOURT

Dans l'attente de demandes de travailler sur un feu, une petite expérience a été imaginée pour essayer pratiquement l'instrument et comparer ses possibilités à celles d'une vérification "manuelle" traditionnelle.

Un andain récemment brûlé pour gagner du terrain, contenant de nombreux points chauds a semblé bien convenir à ce projet (fig. 9). Une bande d'an-

Tableau 1. Utilisation de l'AGA Thermovision 750 en 1975

Province		Nombre de missions	Type de tâche assignée	Résultats	Observations
Alberta	Whitecourt	5	Inspection de brûlages de destruction de débris. Fox Creek, Fort Assiniboine	Négatif	Nettoyage de servitude de passage, rien à signaler, pas de feu signalé ultérieurement.
"	"	4	Inspection de brûlages de destruction de débris le long de la route Western Construction près de Carson Lake.	Positif	Trouvé de nombreux points chauds résiduels, vérifié au sol et controlé pour établir la nature des feux à retardement.
"	"	3	Inspection de tas de brouissailles brûlés pour étude.	Positif	Trouvé et enregistré de nombreux feux à retardement.
"	Footner Lake	1	Contrôle de limites d'un feu sur les points chauds résiduels.	Positif	Trouvé un feu à retardement recouvert de boue.
"	Slave Lake	2	Contrôle de brûlages de destruction de débris sur 32 km de lignes électriques et 16 km de dégagement de route.	Négatif	Rien trouvé, pas de feux signalés pendant l'été.
"	Lac La Biche	1	Démonstration - contrôle de dépôts d'ordure sur les points chaud.	Positif	Détecté un feu d'ordure difficile à voir, mais un peu de fumée était visible.
"	Edson	1	Démonstration sur tas de broussailles brûlés au sol.	Positif	Détecté des points chaud n'émettant pas de fumée.
"	Bow-Crow Forest	3	Démonstration, au sol et dans l'air	Positif	Détecté un point chaud sur un dépôt d'ordures mais fumée visible.
"	Rocky Mtn House	1	Démonstration au sol par contrôle de tas de broussailles brulés.	Positif	Détecté des points chauds n'émettant pas de fumée. Pris des enrigistrements vidéo de l'écran de l'instrument.

Province	Forêt	Nombre de missions	Type de tâche assignee	Resultats	Observations
Newfoundland	Exploits	15	Démonstration de 64 km (40 milles) de ligne de feu sur les points chauds.	Positif	Localisé quelque 20 points chauds n'émettant pas de fumée chaque matin pour maintenir en action 140 hommes et 5 hélicoptères.
Alberta	Forestry Training School, Hinton	7	Inspection de 24 hectares (60 acres) brûlés sur ordonnance comme entraînement pour 15 stagiaires de lutte aérienne contre le feu et deux inspecteurs.	Positif	Le feu contenait de nombreux points chauds dont un grand nombre fumaient encore. Pas de points chauds à l'extérieur de la ligne de feu.
	TOTAL	43			

dains de 150 m (450 pi) de long a été marquée, mesurée et systématiquement vérifiée manuellement dans un quadrillage de 1.5 m (5 pi). Chacun des 10 points chauds trouvés a été marqué pour être facilement visible d'en haut. Huit des points produisaient une fumée visible dont l'importance allait de la fumée d'une cigarette à celle d'un petit feu de camp.

En volant au-dessus de l'andain à une altitude 30 m (100 pi) le Thermovision a décelé 27 points chauds, 17 de plus que ce qui avait été trouvé par vérification manuelle (fig. 10). Deux vols supplémentaires effectués à 1/2 heure d'intervalle ont donné des résultats semblables (fig. 11). Une couche de nuages d'altitude empêchait la formation de poches chauffées par le soleil dans les débris. L'angle d'observation n'a pas créé de différence dans le nombre de points chauds observés mais décalait apparemment leur emplacement, ce qui était probablement le résultat de la détection de la température du matériau de couverture qui se trouvait jusqu'à 1.5 m (2 pi) au-dessus du sol et du parallaxe produit par l'inclinaison d'environ -50° de la caméra de balayage. L'abaissement de l'altitude de vol n'a pas affecté le compte du nombre de points chauds, mais lorsque l'altitude augmentait certains des points les plus faibles commençaient à disparaître (fig. 3d).

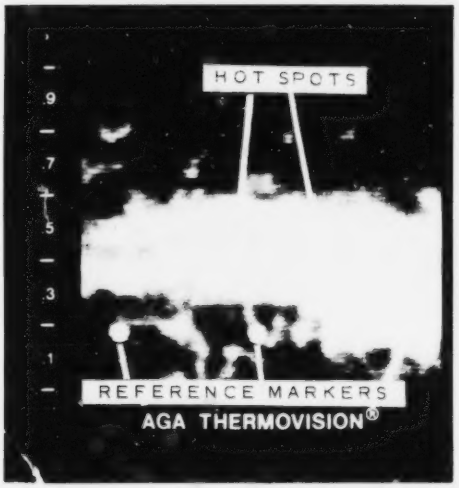
Tous les points chauds étaient plus froids à la surface qu'à 15 cm (6 po) au-dessous. Les températures de surface variaient de 35° C (95° F) à 175° C (340° F). Il y avait également une variation considérable des dimensions de la zone chaude, de 0.092 m^2 (1 pi^2) à 1.5 m^2 (16 pi^2).

a.

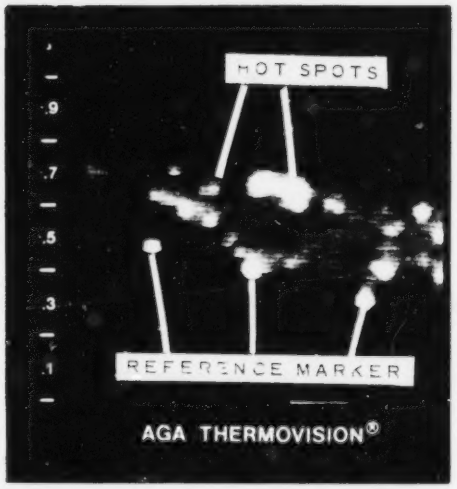
REFERENCE MARKERS = REPERES

b.

HOT SPOTS = POINTS CHAUDS



c.



d.

Figure 9. Essai du Thermovision 750 sur un andain brûlé contenant des points chauds:

a. Photos noir et blanc (film infra-rouge) d'une partie de l'andain.

b. Thermogramme de la même zone prise d'une hauteur de 33 m (100 pi).

c. Thermogramme de la même position ½ heure après.

d. Thermogramme de la même zone pris d'une hauteur de 50 m (150 pi) et avec une sensibilité de balayage réduite pour mettre en évidence les points chauds et assombrir le fond. Les trois points équidistants près du bord inférieur de l'andain sont des repères, boîtes en fer blanc de 0.57 litre (1 chopine) contenant 2 briquettes de charbon de bois incandescentes.

Un projet de destruction des débris sur une servitude de passage de 24 km (15 milles) à travers une region boisée dans la fôret de Whitecourt a été le site de l'un des premiers contrôles opérationnels. Des feux "dormants" ont été découverts dans certains des tas de débris brûlés et un bulldozer a été envoyé pour disperser ce qui restait des tas. Des équipes au vol vérifiaient manuellement les débris derrière la machine. Au moment de l'inspection 13 tas avaient été dispersés par le bulldozer et vérifiés manuellement. L'instrument de balayage a trouvé des charbons chauds omis par le personnel au sol dans 9 des tas traités. Comme le temps était frais et humide, les points chauds ont été repérés, en vue d'un contrôle ultérieur et laissés s'éteindre d'eux-mêmes. Un point chaud isolé a duré plus d'une semaine (fig. 10a, b, c, d). Il a été éteint pour éviter d'autres déplacements de contrôle.

TERRE-NEUVE

Le feu des 11 000 hectares (2700 acres) de la forêt des 'Exploits' à Terre-Neuve a fourni l'occasion d'appliquer l'instrument à l'appui d'une grande opération de nettoyage. Environ 64 km (40 milles) de limite irrégulière et sinueuse de feu, parsemés de feux sporadiques à l'extérieur de la ligne de feu et de brulages incomplets exigeaient des patrouilles.

Presque chaque jour, des feux dormants situés bien à l'extérieur et sur le périmètre de la ligne de feu, s'embarasant dans des vents violents vers le milieu de la journée, menacaient d'échapper aux forces d'extinction clairsemées. On avait besoin d'un moyen de détecter les feux dormants tôt dans la journée, alors qu'ils pouvaient être facilement noyés. Chaque jour, l'instrument, transporté avec le vol d'inspection matinal du chef des pompiers, détectait de nombreux points chauds. Environ 20 (de quoi occuper les équipes

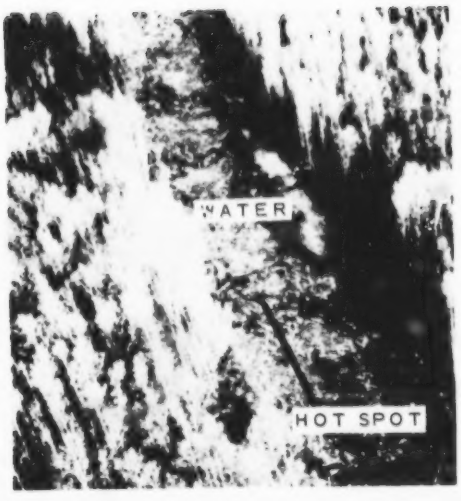
d'extinction pendant une journée) étaient répéres avec du papier de machine à calculer, et les équipes de suppression à localiser les points chauds, mais, déchirés en lambeaux aprés extinction du feu, ils servaient de référence pour des vols d'inspection ultérieurs. Après quelques missions, un modèle de techniques d'action et de recherche a été développé. Etant donné que la plupart des opérateurs sont droitiers, nous dirigions la caméra par le hublot de porte gauche de l'hélicoptère sous un angle d'environ -45^{o}, en gardant la main droite libre pour manipluer les commandes sur l'element de visualisation. Le pilote dirigeait l'hélicoptère légèrement sur la droite de la zone-cible à une hauteur d'environ 100 m (300 pi) (fig. 8).

Les hélicoptères sont limités quant à la durée du vol stationnaire qu'ils peuvent effectuer dans une zone quelconque, aussi tous les objectifs étaient survolés en une ou plusieurs bandes et plus de temps était consacré aux points d'apparence suspecte. Chaque bande était survolée au moins deux fois de manière à balayer chaque point de deux directions opposées. De plus, lorsque la zone à explorer était très vaste, la caméra était panoramiquée lentement en arrière et en avant. Ceci augmentait l'aire de couverture et offrait une meilleure vue sous les rondins et les débris ou derrière les arbres en position verticale.

Pour détecter les feux à la surface ou au sol sous des branchages intacts et denses nous avons jugé avantageux d'abaisser l'angle de la caméra jusqu'à environ -70^{o} et de couvrir les aires de priorité d'une série de spriales.

Les heures du petit matin et les jours nuageux avec des écarts de

a.



WATER = EAU

HOT SPOT = POINT CHAUD

c.

d.

Figure 10. Feu dormant omis par des équipes de nettoyage après une semaine d'observation.

a. Feu dormant sur un dégagement de servitude de passage, vu de l'hélicoptère.

b. Photographie de la même zone.

c. Le même feu dormant vu sur le Thermographe au sol.

d. Photographie de la même zone.

température sous abri très faibles (de 2^{o} à 5^{o} C) se sont révélés les meilleurs moments pour les vols d'inspection. Toute zone anormalement chaude apparaissait comme une ampoule électrique dans l'obscurité.

Pour l'opérateur inexpérimenté, la meilleure manière de procéder consistait à mettre la commande de niveau de température sur automatique et la commande de plage de température sur la plus grande sensibilité possible qui ne provoque pas le reflet des objets du fond. Avec ce réglage, n'importe quel objet plus chaud que le fond de quelques degrés seulement, apparaissait brillant sur l'écran, rendant inutile un module de discrimination des cibles ou un dispositif équivalent. On obtenait une estimation grossière de la température des points chauds en commutant simplement les commandes de plage vers des valeurs progressivement plus élevées. Plus la tache qui apparaissait sur l'écran était longue, plus la cible était chaude. Une analyse plus précise des valeurs de la température est possible à l'aide de la commande manuelle de niveau et de la fonction isotherme (fig. 2). C'est également une procédure relativement simple.

Une bouteille thermos de 0.57 litre (1 chopine) remplie d'azote liquide et le bloc d'alimentation à grande capacité héliportés ont été jugés suffisants pour des journées de travail de plus de huit heures. Bien qu'un objectif à champ de 7^{o} ait été disponible la lentille de 20^{o} a été presque uniquement utilisée. L'objectif de 7^{o} est utile si un point chaud éloigné de l'hélicoptère demande un examen minutieux. L'effet télescopique de l'objectif évite de modifier l'altitude, mais en raison de la longueur supplémentaire de l'objectif les vibrations de l'hélicoptère sont plus sensibles.

RESULTATS

Capacité de détection des points chauds

Dans les conditions de l'expérience, l'instrument a détecté les feux à retardement de faible intensité plus vite et d'une manière plus fiable que les hommes au sol ou à bord de l'hélicoptère. Il a situé correctement environ 15 points chauds pour chacun constaté d'une autre manière (le plus souvent des points chauds fumants). Plus de 100 cibles ont été localisées par l'instrument pendant la saison. Il n'y a pas eu d'exemple de cible émettant une fumée visible, non signalée par l'instrument.

Intégration dans l'Organisation Opérationnelle Actuelle

L'instrument a été intégré dans toutes les organisations dans toutes les situations sans perturbation excessive. Dans de nombreux cas, l'équipement de balayage était chargé ou déchargé alors que le moteur de l'hélicoptère tournait. Avec l'opérateur de l'instrument dans le même compartiment que les pilotes de l'hélicoptère ou dans le compartiment principal de lutte contre le feu, il n'y avait pas de problèmes de communication. Les missions de l'instrument ont été effectuées avec neuf pilotes différents, et 20 observateurs différents ont servi l'élément de visualisation, et pourtant l'objectif de chaque mission a été rempli. L'instrument de balayage était porté dans des hélicoptères Bell Jet Rangers (206B) et Hell 47AJ2.

Angle d'Abaissement de la Caméra

Un angle d'abaissement variable de la caméra était plus commode qu'une position verticale rigide. Le thermogramme oblique complète l'impression visuelle de l'observateur, permet une comparaison continue des images optiques

et thermiques et donne plus de temps pour l'observation des zones suspectes. Il facilite également la poursuite des limites dentelées du feu et la localisation d'un point chaud sur le sol après qu'il soit apparu sur l'écran.

Les futaies ont été notées comme une gêne considérable lors du balayage avec des instruments linéaires sous des angles appréciables par rapport à la verticale (Wilson et coll. 1971). Le problème est moins apparent avec un instrument bi-dimensionnel tenu à la main du fait que la caméra peut être dirigée à volonté et que la position changeante de l'hélicoptère donne accès au sol de la forêt, de plusieurs directions. Dans de nombreuses situations la caméra inclinée a pu passer au-dessous du matériau interposé qui obstruait l'accès vertical à la source de chaleur. L'opération à la verticale à l'aide d'un support de caméra rigide est possible pour le travail à haute altitude, supérieure à 1000 m (3000 pi).

Maintien de la Caméra

Tous les supports mécaniques essayés dans des hélicoptères ont eu pour résultat de transmettre à la caméra certaines vibrations de l'hélicoptère. La tenue à la main s'est révélée la méthode la plus simple, la plus souple et la plus stable de desservir la caméra. Elle a permis de maintenir la caméra sur une cible et de déterminer l'emplacement exact de la cible et sa plage de température pendant que l'hélicoptère tournait dans une spirale allant en se rétrécissant.

Prise d'Enregistrement

A côté de buts de démonstration ou lorsqu'on n'avait pas le temps de repérer les cibles sur le sol, les enregistrements photographiques ou vidéo ont été jugés comme ayant une valeur limitée. Des enregistrements sont nécessaires pour cartographier les feux ou étudier le comportement de

l'incendie, mais ils doivent être pris à haute latitude. Les enregistrements photographiques ont rarement révélé le détail du fond visible sur les images vives. Elles ne montraient que la petite partie de la zone couverte au moment de l'exposition et ressemblaient à des mots hors de leur contexte. Les enregistrements vidéo ont causé des problèmes dans la communication de l'information enregistrée et dans le traitement subséquent tel que le transfert sur cartes ou photomosaïques.

a.

b.

ROAD = ROUTE

HOT SPOTS = POINTS CHAUDS

Figure 11. Enregistrement vidéo.

a. Enregistrement vidéo d'un thermogramme montrant le dépot d'ordures avec les points chauds.

b. Enregistrement vidéo de la meme zone vue sous un angle légèrement différent.

Hauteur du vol

Pour localiser et repérer avec précision les points chauds à faible intensité ou pour voler sous les nuages, l'instrument doit être transporté aussi bas que possible, toutefois assez haut pour couvrir un territoire suffisant pour donner du sens à la recherche. En 1975, la plus grande partie du travail a été effectuée à une hauteur de 100 m (330 pi). Le vol à des hauteurs plus élevées s'est traduit par des cibles faibles fondues et des groupes de cibles rapprochées fusionnant en une seule tache sur les images.

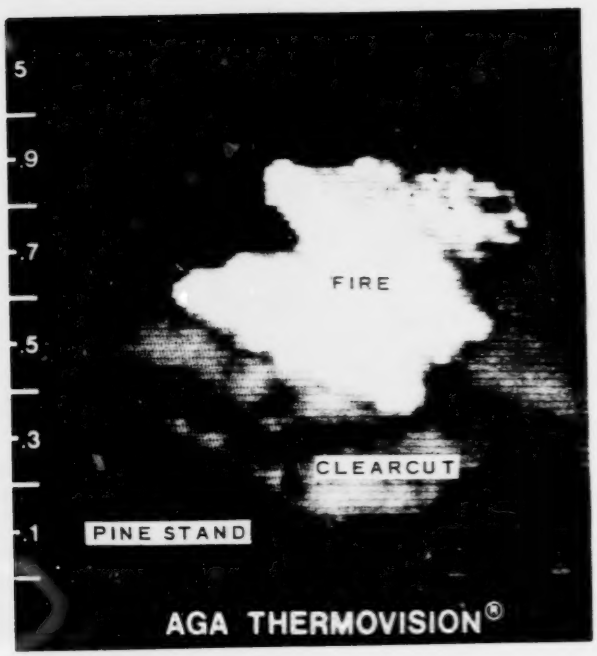
Des cibles chaudes ou enflammées peuvent être détectées par l'instrument à de grandes distances. Par exemple, un faible feu de surface dans une futaie dense obscurcie par de la fumée au sol à plus de 1000 m (3000 pi) pouvait etre vu clairement sur l'écran de l'instrument, tandis que le groupe de citernes volantes volant bas au-dessus de la zone pour bombarder le feu ne pouvait ni voir les flammes, ni observer le résultat de leurs largages à travers la fumée.

Réfrigérant pour le Détecteur

Une bouteille de 25 litres (5.5 gal) de LN_2 a été maintenue prête à l'emploi pendant toute la saison. Un remplissage coûtant environ $50 durait 1 mois. Une bouteille thermos de 0.57 litre (1 chopine) était transportée dans l'hélicoptère pour remplir sur demande l'humecteur de la caméra en vol. Le LN_2 est disponible dans des centres plus grands et accepté comme frêt aérien.

Fiabilité

Aucune panne de l'équipement ne s'est produite au cours de la saison



FIRE = FEU

CLEAR CUT = COUPE A BLANC

PINE STAND = FUTAIE DE PIN

Figure 12. Cartographie d'un feu Thermogramme oblique d'un projet de dépôt de déchets d'abattage de 24 ha (60 acres) pris d'une hauteur de 650 m (2000 pi) 2 jours après le brûlage avec une petite fumée visible mais beaucoup de débris qui couvent. Toutes les zones blanches sont plus chaudes que la température normale du fond de 6^{o} C (43^{o} F).

de 4 mois, aucun réglage ou entretien d'un élément quelconque n'a été nécessaire. L'instrument a été envoyé à de nombreux campements dans l'Alberta et à Terre-Neuve par les moyens de transport publics, camion, voiture et avion. Dans les campements desservis par hélicoptère l'instrument était exposé à une poussière dense.

Fausses Alertes au feu et Interférence

Le système Thermovision 750 était équipé du filtre à réflexion anti-solaire disponible en option. Ce filtre réduit mais n'élimine pas entièrement la lumière réflective du soleil. Dans de rares occasions, des phénomènes de réflexion de la lumière solaire sur de l'eau ont pu être observés mais ils n'ont jamais été pris pour des feux.

Aucun exemple d'interférence par des perturbations atmosphériques statiques, la foudre, les transmissions radio ou toute autre source n'a été observé. Les nuages, le brouillard ou une hygrométrie élevée ont peu d'effet sur le rendement de l'instrument parce qu'il est utilisé très près de la cible. L'instrument n'a pas été gêné par des saturations du tube à image, persistances, images fantômes, traces, déformations ou problèmes de synchronisation, retard trop important de la réponse, ou autres cas semblables communs dans les systèmes de télévision.

Résolution et Image

Etant donné que les images thermiques se composent seulement de 70 lignes avec 100 éléments par ligne, elles apparaissent grossières par rapport à une photographie. Cependant, chaque élément d'image étant assez grand, l'opérateur peut rapidement repérer les quelques éléments de l'image qui ressortent lorsqu'un point chaud a été trouvé. Les images de l'ins-

trument ne sont pas sujettes aux déformations communes parmi les instruments de balayage linéaires.

L'écran de visualisation montrait suffisamment le détail du fond pour permettre une orientation continue sur toutes les zones autres que celles de la vaste couverture homogène de végétation telle qu'une futaie de pins du même âge. En observant sur le thermogramme les changements de la couverture de la forêt quant aux espèces, la densité ou la classe de hauteur, les détails photographiques, les zones d'herbe humides ou sèches, les clairières, les affleurements rocheux ou les plans d'eau, l'opérateur pouvait faire coïncider continuellement le monde vu avec la zone balayée et situer avec précision un point chaud sur le sol dès son apparition sur l'écran. Le transfert de l'emplacement sur une carte s'effectuait de la même manière que pour n'importe quel autre détail situé visuellement.

DISCUSSION

Sur la base de l'expérience acquise au cours d'une saison de travail dans des conditions d'utilisation variées sur le terrain, on peut dire qu'un système AGA Thermovision 750 du commerce, tenu à la main et utilisé pour compléter l'observation visuelle, est un outil embarqué efficace pour détecter les feux à retardement de faible intensité qui ne peuvent être découverts par les méthodes classiques ou les instruments de balayage linéaire à rayons infra-rouges. Le système fonctionne le mieux lorsque l'emplacement général des feux latents est connu.

La disponibilité d'un système Thermovision 750 ne rendra pas seulement plus sûr l'abandon d'un feu éteint, il accélérera le travail de

nettoyage, facilitera la tâche et en cas de feux prescrits permettra de brûler dans des périodes actuellement considérées comme dangereuses en raison du risque de feux à retardement.

Bien qu'aucun feu n'ait été cartographie avec le système Thermovision 750 (de grands feux ont été observés sur l'écran de visualisation et un feu de 24 ha (60 acres) a été enregistré l'instrument a la possibilité de recueillir et d'enregistrer des renseignements sur le feu à travers une épaisse fumée. En fournissant des renseignements sur les périmètres, l'intensité, le comprotement et la vitesse de propagation des feux dans des zones obscurcies par la fumée, le Thermovision 750 semble être l'auxiliaire idéal pour les opérations de cartographie des feux basées sur la photo à l'infra-rouge sur place.

Les opérations de lutte contre les grands feux par avions et les hélicoptères citernes sont généralement condamnées à l'inaction pendant les premières heures de la matinée - alors qu'elles pourraient être plus efficaces - en raison de l'absence de flammes et de fumée visibles, ou de la présence de fumée épaisse, qui êmpechent la détection des points chauds.

Un aéronef de guidage (probablement un hélicoptère) équipé d'un Thermovision doit pouvoir diriger plus efficacement les largages d'eau ou de retardateur pendant ces périodes et obtenir une meilleure vue générale des concentrations de largage de retardant en utilisant le pouvoir de l'instrument d'isoler les zones refroidies.

Le système Thermovision 750 convient bien à l'emploi contre les feux irréprimés par le personnel de ligne de feu en raison de la simplicité

de son fonctionnement et de ses images nettes en temps réel qui éliminent le besoin de traitement ou d'interprétation par des tiers.

Les émissions et réceptions radio peuvent être utilisées à tout moment à bord de l'aéronef équipé de l'instrument car le Thermovision, à la différence de la plupart des instruments de balayage linéaire, n'en est pas affecté.

Le système AGA Thermovision 750 est un instrument de précision suffisamment robuste pour être emporté sur la ligne de feu. Il a résisté sans dommanges à une saison de travail dur sur le terrain. Etant donné que le système est entièrement portatif, il peut être rapidement placé et sorti, libérant ainsi l'hélicoptère pour d'autres tâches, si nécessaire.

Il est difficile de réponde à la question coût - avantage. En supposant que le Thermovision ait une durée de 5 ans, le prix de revient annuel est de $7000 plus diverses dépenses. A notre arrivée à Terre-Neuve le feu des Exploits avait mobilisé cinq hélicoptères BELL 206B et environ 140 hommes qui avaient joué au chat et à la souris avec des feux dormants pendant plus de trois semaines. Une opération de ce type coûte largement $10,000 par jour. Est-ce exagéré de penser que si l'instrument avait été disponible dès le début il aurait économisé quatre jours d'opérations et aurait été amorti?

RECOMMANDATIONS

Le Thermovision peut et doit être utilisé dès le début sur le terrain tel qu'il arrive de l'usine. Si l'instrument doit être utilisé pour la détection de feux de faible intensité et pour la cartographie des feux, les articles suivants sont nécessaires:

1. Caméra
2. Elément de visualisation
3. Chargeur de batterie d'alimentation
4. Objectif de 20^{o}
5. Bloc batterie
6. Harnais de transport
7. Capuchon de vue libre
8. Capuchon de vue à longue distance
9. Poignée de caméra
10. Unité d'enregistrement photographique
    a. Cadre principal avec canal dissecteur de rayons
    b. Dos d'appareil photo Polaroid
11. Jeu d'outils
12. Manuel d'instruction
13. Bouteille d'azote liquide de 25 litres (5.5 gal) ou 10 litres (2.2 gal)
14. Bouteille thermos standard de 0.57 litre (1 chopine)
15. Bloc d'alimentation à grande capacité type NFRC (Niederleitner et Bihuniak 1976)

Nous recommandons en outre:

1. 1 téléphone de bord portatif pour trois hommes
2. Des équerres de maintien pour la caméra et la bouteille thermos
3. Des accords pour le service après-vente du système au moment de l'achat s'il est envisagé

L'installation d'un contrôleur pour le pilote et la modification de la caméra pour utilisation à la verticale peut être souhaitable. Des

dispositions peuvent être prises dans ce sens avec le fabricant.

Même une courte session de formation (2 jours) des parties concernées par le fonctionnement du balayage (y compris le pilote) sera avantageuse grâce au temps économisé sur la cible et à la fiabilité accrue des résultats.

REFERENCES

AGA Infrared Systems AB. 1973. AGA Thermovision 750. Portable, lightweight, infrared camera system for live presentation of temperature distribution on fixed or moving objects. Publications No. 556 402, 556 408, 556 409, 556 410, 556 416, 556 424 (Au Canada: Agatronics Ltd., Horner Ave., Unit 5, Toronto, Ont., M8Z 4X4.)

Anonyme. 1974. Infrared equipment. Products and Services Section, Aviation Week Marketing Directory. Aviat. Week Space Technol. 101 (25):151 Dec. 23/74.

Barnes Engineering Co. 1970. Model 15-211 Airborne Fire Spotter. 30 Commerce Rd., Stamford, Conn. 06904, U.S.A. Bull. 15-211B. 7 pp., ill.

Computing Devices of Canada Ltd. 1965. Firemapper, Infrared forest fire mapping and detection system. P.O. Box 508, Ottawa 4, Ont. Brochure. 12 pp., ill.

Hirsch, S.N., R.L. Bjornsen, F.H. Madden et R. Wilson. 1968. Project Fire Scan fire mapping final report April 1962 to December 1966. U.S. Dep. Agric., For. Serv., Intermountain For. Range Exp. Stn. Res. Pap. INT-49. 49 pp., ill.

Hirsch, S.M., R.F. Kruckeberg et F.H. Madden. 1971. The bispectral forest fire detection system. pp. 2253-2272 (Vol. 3) Dans Proc. 7th Int. Symp. Remote Sens. Environ. May 17-21, 1971. Ann Arbor, Michigan.

Kourtz, P. et W.E. Pinson. 1975. Forest fire mapping using an 8-13 micron pyroelectric vidicon. Environ. Can., For. Serv., For. Fire Res. Inst. Ottawa, Ont. U.S. Dep. Agric., For. Serv.

Kruckeberg, R.F. 1971. No smoke needed. U.S. Dep. Agric., For. Serv. Fire Control Notes 32(2):9-11.

Niederleitner, J. et P. Bihuniak. 1976. A heavy-duty 12-Volt DC power pack to operate airborne remote sensing systems. Environ. Can., Environ. Manage. Serv., North. For. Res. Cent. Edmonton, Alta. Inf. Rep. NOR-X-147.

Pinson, W.E. 1975. Final Report: 1) The role of a Pbs-Pbo infrared vidicon in detecting and mapping forest fires. 2) Comparison of its performance with that of a pyroelectric vidicon. Environ. Can., For. Serv., For. Fire Res. Inst. Ottawa, Ont.

Wilson, R.A., S.M. Hirsch, F.H. Madden et J. Losensky. 1971. Airborne infrared forest fire detection system: Final Report. U.S. Dep. Agric., For. Serv., Intermountain For. Range Exp. Stn., North. For. Fire Lab. Missoula, Mont. Res. Pap INT-93.

ANNEXE

REVUE DES EQUIPEMENTS ET TECHNIQUES ACTUELS

APPLICATIONS AU SOL

Vérification Manuelle

La technique la mieux connue de détection des points chauds, à faible intensité est la vérfication 'manuelle'. Cette méthode consiste à vérifier chaque emplacement suspecte à mains nues.

Dispositif de Détection à Infra-rouge tenu à la main

Un certain nombre de détecteurs tenus à la main ont été essayés pour simplifier la vérification 'manuelle'. Les instruments sont essentiellement des radiomètres qui donnent un avertissement sonore lorsqu'ils sont dirigés vers une source de chaleur dépassant une certaine intensité de radiation. Certains des modèles essayés sur le terrain étaient le De Havilland Hotspotter, le Spar Aerospace Hotspotter, le Williamson Model 1207 Fire Detector et un détecteur de chaleur à infra-rouge modèle 1175-1-1 de fabrication inconnue. Aucun n'était acceptable, surtout en raison de la petitesse de leur angle de couverture et de leur sensibilité à la chaleur relativement faible.

APPLICATIONS AEROPORTEES

Instrument de Balayage Linéaire* à Infra-rouge étudiés pour la Détection des Feux de Forêts et/ou la Cartographie des Feux

Le United States Forest Service a développé et expérimenté sous le Project Fire Scan plusieurs instruments de balayage à infra-rouge qui peuvent détecter des feux de forêt à cause de leurs radiations calorifiques à haute intensité à travers une épaisse fumée independamment de la lumière visible (Wilson et Coll. 1971).

Le Détecteur de Feux Aéroporté Barnes (Kruckeberg 1971, Anon. 1970):

C'est l'instrument le plus simple, le meilleur marché et le plus populaire (plus de 40 unités ont été produites commercialement) qui est sorti du projet. A lieu de produire des images ou des enregistrements du terrain balayé, l'instrument possède une rangée de lampes qui indiquent dans quel secteur de balayage se situe une source d'énergie radiante élevée. De par sa conception cet instrument doit détecter une cible de 0.092 m^2 (1 pi^2) dans la plage de 600^o C (112^o F) d'une hauteur de 750 m (2000 pi) mais ne répond pas à la faible chaleur superficielle produite par de nombreux feux à retardement. La popularite initiale du détecteur Barnes a diminué en raison de sa tendance à donner souvent de fausses alertes.

---

* Les détecteurs linéaires enregistrent uniquement une bande de terrain étroite à la fois à angles droits par rapport à l'axe aéronef. L'instrument dépend du mouvement uniforme de l'aéronef pour constituer une image bi-dimensionnelle en plaçant chaque ligne nouvellement balayée en avant de la précédente à la facon d'un appareil photographique à bande continue. En atmosphère turbulent, ou si le déplacement du film n'est pas parfaitement synchronisé avec la vitesse de l'aéronef, les images peuvent être gravement déformées. C'est la raison pour laquelle les instruments de balayage linéaire ne peuvent pas fournir d'images significatives à partir d'une position fixe ou d'un hélicoptère décrivant des méandres.

Disponibilité: Initialement disponible en magasin, actuellement hors production. Prix: (au Canada en 1972) $3500.

H.R.B. Singer Reconofax XI (Hirsch et Coll. 1968): Cet instrument de balayage linéaire à infra-rouge de haute qualité est essentiellement un outil de cartographie des feux. A bord d'un aéronef volant à basse altitude, il doit détecter des feux de retardement de bonnes dimensions, mais nous n'avons pas d'information permettant de dire que le Reconofax XI est capable de détecter des feux dormants de faible intensité.
Disponibilité: fabriqué sur commande du client.
Prix (aux E.U. en 1972) $100,000 environ.

Système Bispectral (Wilson et Coll. 1971): Le système bispectral est le système de balayage linéaire à infra-rouge le plus sophistiqué développé dans le cadre du Project Fire Scan. C'est un instrument de balayage linéaire Texas Instrument RS7 modifié fonctionnant sur deux canaux, prévu pour détecter une cible de 0.092 m^2 (1 pi^2) à 600° C (1112° F) d'une hauteur de 5000 m (15,000 pi), équipé d'une capacité de sortie imprimée en temps presque réel en vol et d'un module de discrimination des cibles. Il convient pour les vols de détection des feux sur de vastes régions ainsi qu'à la cartographie. Toutefois, même cet instrument est d'une valeur douteuse en tant qu'outil de détection des feux à retardement, principalement parce qu'il exige que l'impulsion de l'énergie radiante élevée émise par la matière incandescente soit dans une ligne de vision directe pour déclencher le module de discrimination des cibles. Dans un article résumant les progrès du Project Fire Scan, Hirsch et Coll. (1971) ont déclaré "Les feux trop petits pour impressionner l'image peuvent être identifiés et localisés par les équipes au sol".

Disponibilité: fabriqué sur commande du client.

Prix: (aux E.U. en 1972) $14,000 environ.

Fire Mapper: Un fabricant canadien, Computing Devices of Canada a produit cet instrument à infra-rouge qui a été essayé dans l'Ontario. Comme son nom l'indique l'instrument était destiné à cartographier des feux irréprimés à travers la fumée et possédait une certaine aptitude à détecter les feux (Computing Devices of Canada Ltd., 1965). L'instrument n'a pas répondu à l'attente de l'Ontario Forest Service et ne semble pas être utilisé de manière opérationnelle.

Disponibilité: inconnue.

Prix: (en 1972) $40,000 environ.

Autres Cartographes Thermiques

De nombreuses firmes fabriquent des instruments de balayage thermique et des cartographes thermiques (Anon. 1974) capables de faire la carte ou de recueillir des informations sur des feux irréprimés à travers la fumée, mais, pour les utiliser pour la détection, des feux d'autres développements et modifications analogues au travail effectué dans le cadre du Project Fire Scan seraient nécessaires.

Autres systèmes ou Dispositifs de Télédétection

Divers dispositifs optiques et électroniques tels les lunettes pour vision nocturne, les télescopes détecteurs de feux à infra-rouge, et les filtres spéciaux pour jumelles ou lunettes ont été essayés sans grand succès comme aides dans la détection des feux. Certains systèmes de télévision sont sensibles aux radiations dans le spectre proche infra-rouge et infra-rouge. Des essais récents effectués avec des systèmes de télévision à

infra-rouge (Kourtz 1975, Kourtz et Pinson 1975) ont eu un certain succès dans la mise en images de cibles à énergie radiante élevée (un groupe de cinq seaux de charbon de bois de 60 cm (2 pi) de diamètre) à des hauteurs atteignant 13,000 m (4000 pi) avec un objectif de 10^{0}. Bien que ces essais montrent que les systèmes de télévision à infra-rouge ont certaines possibilités, il n'y a pas eu de preuve permettant de conclure que les feux dormants ou à retardement pourraient être détectés.